



Express Mail Label No.

Dated: _____

Docket No.: 20196/0201094-US0
(PATENT)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:
Robert Bergmann et al.

Application No.: 10/812,830

Confirmation No.: 3112

Filed: March 29, 2004

Art Unit: N/A

For: A DEVICE AND METHOD FOR SOLDERING
CONTACTS ON SEMICONDUCTOR CHIPS

Examiner: Not Yet Assigned

CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

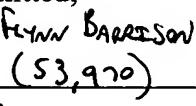
Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

Country	Application No.	Date
Germany	101 47 789.9	September 27, 2001

In support of this claim, a certified copy of the said original foreign application is filed herewith.

Dated: August 5, 2004

Respectfully submitted,

By  
(53,970)
Laura C. Brutman

Registration No.: 38,395
DARBY & DARBY P.C.
P.O. Box 5257
New York, New York 10150-5257
(212) 527-7700
(212) 753-6237 (Fax)
Attorneys/Agents For Applicant

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

BEST AVAILABLE COPY



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 47 789.9

Anmeldetag: 27. September 2001

Anmelder/Inhaber: Infineon Technologies AG, 81669 München/DE

Bezeichnung: Vorrichtung zum Verlöten von Kontakten auf Halbleiterchips

IPC: H 01 L 21/60

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. März 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be the name of the President of the German Patent and Trademark Office.

A 9161
06/00
EDV-L

Beschreibung

Vorrichtung zum Verlöten von Kontakten auf Halbleiterchips

5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Verlöten von Kontakten insbesondere auf vertikal integrierten Halbleiterchips.

Bei der dreidimensionalen Integration von Halbleiterchips
10 werden mehrere Ebenen gedünnter Chips aufeinander justiert und elektrisch verbunden. Die Bestückung erfolgt in einem Be-
stückungsautomaten, in dem die vereinzelten Chips auf einen
Wafer justiert platziert werden. Die Oberflächen des Wafers und der Chips besitzen spiegelbildlich zueinander mit Kon-
15 taktfächern strukturierte Oberflächen, so dass die einander zugehörigen Kontakte mit hoher Genauigkeit aufeinander pas-
send angebracht werden können. Die Oberfläche des Wafers be-
steht z. B. aus blankem Kupfer, die der Chips z. B. aus Zinn oder einer niedrig schmelzenden Zinnlegierung. Bei diesem
20 Prozess tritt das Problem auf, dass die blanken Metallober-
flächen, insbesondere die Kupferoberfläche, wegen der hohen Prozesstemperaturen oxidieren. Eine Oxidationsschicht verhin-
dert aber ein zuverlässiges Kontaktieren.

45 Lötverfahren zum Weichlöten von Kupferoberflächen mit Loten auf Blei-Zinn-Basis sind bekannt und arbeiten sehr zuverlässig. Dabei liegen die Lotschichtdicken im Bereich von 100 µm. Die Oberflächen werden während der Erwärmung mit Formiergas gespült, dessen reaktiv wirkender Anteil die Oxidation ver-
30 hindert. Eine Löttechnik, die unter den Bezeichnungen "iso-
therme Erstarrung" oder SOLID bekannt ist, verwendet äußerst dünne Lotschichten von weniger als 5 µm Dicke. Bei diesem Lötverfahren kommt es während des Lötorgangs zum vollständigen Legieren des Lotmetalles mit den angrenzenden Metallflä-
35 chen unter Bildung von intermetallischen Phasen, wodurch der Schmelzpunkt steigt und die Lotschmelze isotherm erstarrt. Während dünne Oxidschichten bei Verwendung einer dickeren

Lotschicht aufbrechen können, so dass eine ausreichend gute Kontaktierung herstellbar ist, wird die Benetzung der Metalloberfläche mit einer sehr dünnen Schicht aus dem Lotmaterial auch durch eine dünne Oxidschicht bereits vollständig verhindert.

Es kommt daher bei dem SOLID-Lötverfahren, besonders darauf an, dass die Metallflächen, die miteinander verlötet werden, vollständig frei von Oxid bleiben. Es muss daher erreicht werden, dass während der Erwärmung möglichst wenig Luftsauerstoff in die den Wafer umgebende Atmosphäre aus Formiergas gelangt. Dazu muss das Formiergas den zu erhitzenden Chipbereich möglichst dicht umschließen. Das kann allerdings nicht vollständig erfolgen, da während der Justage beide Oberflächen frei zugänglich sein müssen.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Verlöten von Kontakten auf Halbleiterchips anzugeben, mit dem sich äußerst dünne Metallflächen an Luft bei ca. 20 300 °C miteinander verlöten lassen, ohne dass es während der Erhitzung zu einer Oxidation kommt, die die Herstellung einer dauerhaften elektrisch leitenden Verbindung verhindert. Insbesondere soll auch verhindert werden, dass benachbart zu den zu verlötenden Metallflächen vorhandene ungeschützte Flächen oxidieren.

30 Diese Aufgabe wird der Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 1 bzw. mit dem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 9 gelöst. Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist mit einer Heizung versehen, die so ausgestaltet ist, dass ein an einer Chiphalterung über einer Spannvorrichtung (chuck) eines Bestückungsautomaten gehaltener Chip von einer der Chiphalterung zugewandten Seite des Chips her zumindest so stark erwärmt werden kann, dass ein auf der der Spannvorrichtung zugewandten gegenüber-

liegenden Seite des Chips aufgebrachtes Lot geschmolzen wird. Außerdem ist eine Spülvorrichtung vorhanden, die eine Platte mit einem Fenster, einem Gaskanal für ein Formiergas und eine bei dem Fenster angeordnete Gasauslassöffnung aufweist. Diese 5 Platte ist parallel zu der für den Wafer vorgesehenen Transportfläche ausgerichtet über der Spannvorrichtung angebracht. Die Chiphalterung ist vertikal zu der Transportfläche der Spannvorrichtung beweglich, so dass der Chip einem auf der Transportfläche angeordneten Wafer beliebig angenähert und 10 insbesondere mit einem vorgesehenen oder einstellbaren Anpressdruck auf den Wafer aufgepresst werden kann.

• Mit dieser Vorrichtung lässt sich auch das erfindungsgemäße Verfahren durchführen, bei dem auf den Kontakt des Chips ein 15 Lot aufgebracht wird, die Kontakte mit einem Formiergas gespült werden, das Lot geschmolzen wird, indem der Chip von einer von dem Kontakt abgewandten Seite her erwärmt wird, bis das geschmolzene Lot eine Schicht einer Dicke von weniger als 5 µm bildet, die Kontakte aufeinander gepresst werden und das 20 Lot so abgekühlt wird, dass es eine isotherme Erstarrung erfährt.

Es folgt eine Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung, mit der auch das erfindungsgemäße Verfahren ausgeführt werden kann, anhand der 45 Figuren 1 und 2.

Die Figur 1 zeigt ein Schema eines Beispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung im Querschnitt.

Die Figur 2 zeigt eine vergrößerte Darstellung der Chiphalterung mit den Wärmequellen im Schema.

In Figur 1 ist die Vorrichtung im Querschnitt dargestellt. In diesem Beispiel ist ein Bestückungsautomat mit einer üblicherweise als Chuck bezeichneten Spannvorrichtung 1 wiedergegeben, die an einer Transportfläche mit einer Transportvorrichtung zur Aufnahme und zum Transport eines Wafers 2, der 35 mit den Halbleiterchips bestückt werden soll, versehen ist.

Der Wafer wird mit der oxidfreien Kupferoberfläche nach oben auf dem Chuck positioniert. In Figur 1 sind bereits auf dem Wafer aufgelötete Chips 3 dargestellt sowie ein weiterer Chip 4, der in dem nächsten Arbeitsgang aufgelötet werden soll.

5 Dieser Chip 4 wird an einer Chiphalterung 13 über den Wafer gebracht und z. B. unter einem Ansaugkanal der Chiphalterung durch einen in der Chiphalterung hervorgerufenen Unterdruck gehalten.

10 Über der Transportvorrichtung des Chucks ist eine Spülvorrichtung 5 angeordnet, die im Wesentlichen durch eine Platte 6 mit einem Fenster 7, einem Gaskanal 8 und einer bei dem Fenster angeordneten Gasauslassöffnung 14 gebildet wird. Diese Platte ist parallel zu der Transportfläche und dem dort angeordneten Wafer angebracht oder wird zumindest während des Bestückungsvorgangs in dieser Lage fixiert. Der Wafer wird unter dem Fenster 7 dieser Platte hindurch transportiert, so dass jeweils der unter dem Fenster 7 vorhandene Bereich des Wafers von oben durch das Fenster hindurch mit dem nächsten 15 Chip 4 bestückt werden kann. Die Chiphalterung 13 braucht zu diesem Zweck nur in vertikaler Richtung bewegt zu werden.

20

Die Platte 6 ist möglichst nahe über der Oberfläche des Wafers positioniert. Die Gasauslassöffnung 14 befindet sich möglichst nahe bei dem Fenster, so dass ein durch den Gaskanal 14 zugeführtes Formiergas den zu bestückenden Bereich des Wafers direkt erreicht. Das Formiergas tritt bei der in Figur 1 dargestellten Ausführung hauptsächlich im Fenster 7 der Platte aus. Der restliche Anteil des Formergases strömt in 25 radialer Richtung zum äußeren Rand der Platte und verhindert das Ansaugen von Raumluft. Im Bereich oberhalb des Fensters bildet sich eine sauerstoffarme Wolke 9 aus Formiergas aus, die in der Zeichnung mit einer gebogenen punktierten Linie angedeutet ist. Die Ausbildung dieses sauerstoffarmen Raumbe-30reichs kann durch eine zusätzlich angebrachte ringförmige Blende 10 begünstigt werden, an deren oberem Rand das Gas bei Bedarf eventuell auch abgesaugt werden kann.

Am Rand der Platte 6 befindet sich vorzugsweise ein weiterer Gaskanal 11, über den Kühlluft zugeführt werden kann, die den Wafer in nach außen weisender radialer Richtung durch die entsprechend angeordnete weitere Gasauslassöffnung 15 anbläst. Die weitere Gasauslassöffnung 15 ist z. B. durch mehrere ringsum an dem Rand der Platte angebrachte Düsen gebildet, die nach außen gerichtet sind, so dass die Luft parallel zur Oberfläche des Wafers nach außen austritt. Ein radialer Strom des Kühlgases ist einer direkten Ausrichtung des Gasstromes auf den Wafer bei weitem vorzuziehen. Mit einem radialen Gasstrom wird auch der radiale Fluss des Formergases unter der Platte 6 begünstigt.

Wenn der aufzulötende Chip 4 durch eine vertikale Bewegung der Chiphalterung 13 nach unten auf den Wafer 2 abgesenkt wird, taucht er in die sauerstoffarme Wolke 9 ein. In dieser Position kommt die Chiphalterung 13 in den Bereich der Einkopplung einer Wärmestrahlungsquelle 12, die in diesem Ausführungsbeispiel durch eine Laserstrahlungsquelle gebildet ist. Damit wird der Chip 4 von seiner von dem Wafer abgewandten Rückseite her so stark erwärmt, dass das Lotmaterial auf der Vorderseite schmilzt und so die Kontaktverbindung zu der Kupferoberfläche des Wafers hergestellt werden kann.

Es ist günstig, wenn die niedrig schmelzende Lotschicht auf den Kontakten des Chips 4 und nicht auf den damit zu verlötzenden Kontakten des Wafers aufgebracht ist, da so ein besserer Wärmekontakt durch den Chip hindurch zur Lotschicht erreicht wird. Die Erwärmung des Chips führt auf diese Weise unverzüglich zum Aufschmelzen des Lotmaterials, das sich beim Kontakt mit der kälteren Kupferschicht des Wafers in einem Bruchteil einer Sekunde verfestigt.

In der Figur 2 ist im Querschnitt ein Ausführungsbeispiel der Chiphalterung 13 gezeigt. Eine untere plane Fläche zur Aufnahme des Chips 21 besitzt am Rand ringsum Öffnungen 20, die

mit einem Kanal verbunden sind. Damit wird der Chip 21 angesaugt. Ein Ansaugstutzen 27 ist zu diesem Zweck mit einer geeigneten Pumpe oder einer anderen Vorrichtung zur Erzeugung eines Unterdruckes verbunden. Innerhalb der Chiphalterung ist 5 ein für Infrarotstrahlung durchlässiger Körper 23 angebracht. Durch diesen Körper hindurch kann die Wärmestrahlung die Rückseite des angesaugten Chips erreichen. Der Körper 23, der z. B. aus Quarzglas sein kann, ist außerdem geeignet, den mechanischen Anpressdruck von typisch 3,5 bar auf den Chip zu 10 übertragen. Um die Kraft möglichst gleichmäßig auf den Chip zu übertragen, kann eine zusätzliche, ebenfalls infrarot-durchlässige, vorzugsweise elastische und temperaturbeständige Schicht 24 vorgesehen werden, die z. B. Silikon sein kann. Die Einkopplung der Wärmestrahlung erfolgt in diesem Beispiel 15 über einen in der Chiphalterung 13 schräg angebrachten metallischen Spiegel 25 oder über ein metallisch verspiegeltes Prisma, das die Wärmestrahlung zum Chip hin reflektiert. Ein solches Prisma kann auch in den Körper 23 integriert sein.

20 Die Homogenität der Temperaturverteilung über die Chipfläche ist grundsätzlich nicht kritisch. Es muss nur dafür gesorgt werden, dass überall auf den Kontakten die Schmelztemperatur des Lotmaterials überschritten wird. Eine möglichst gleichmäßige Ausleuchtung der Chipfläche mit der Wärmestrahlung wird im Interesse einer kurzen Aufwärmzeit angestrebt.

25

Die maximal zulässige Temperatur ist andererseits nur durch die verwendeten Materialien begrenzt. Grundsätzlich ist es daher ausreichend, wenn nur ein Punkt, der bevorzugt in der 30 Mitte des Chips liegt, erwärmt wird. Zweckmäßigerweise wird dann einen Moment abgewartet, bevor der warme Chip mit dem kalten Wafer in Kontakt gebracht wird. Dadurch wird vermieden, dass das Lotmaterial vorzeitig abgekühlt wird, bevor sich die Wärme lateral ausreichend verteilen konnte.

35

Falls die Wärme nicht nur auf einen Punkt eingestrahlt werden soll, kann durch einen Diffusor oder eine geeignete Optik er-

reicht werden, dass die Wärmestrahlung, z. B. der Laserstrahl, in geeigneter Weise so aufgeweitet wird, dass die gesamte Chipfläche davon erfasst wird. Alternativ kann die Wärmestrahlung in einen Lichtleiter eingekoppelt werden, der an die Chiphalterung 13 angekoppelt ist und die Wärmestrahlung auf den Chip leitet. Ein solcher Lichtleiter kann den Spiegel 25 oder das Prisma und den Körper 23 ersetzen. Als Wärmegquelle kann auch eine Halogenlampe 26 mit Parabolspiegel statt der Laserstrahlungsquelle 12 benutzt werden. Das ist in Figur 10 2 durch eine alternative Zeichnung wiedergegeben.

Im Fall besonders kleiner Chips mit nur wenig mm^2 Fläche kann die dann entsprechend klein ausgestaltete Chiphalterung von außen angestrahlt und insgesamt erhitzt werden. Möglich ist 15 auch eine Aufwärmung einer zumindest teilweise metallisch ausgebildeten Chiphalterung mittels einer Heizwicklung, mit der in dem Metall ein Wirbelstrom induktiv erzeugt wird, oder auch eine direkte Erwärmung der Lotschicht, indem die Wirbelströme direkt in der Lotschicht hervorgerufen werden.

20 Die für die Aufnahme eines Chips vorgesehene untere Fläche der Chiphalterung kann aus einem Material bestehen, das eine ausreichende Elastizität besitzt, um laterale Bewegungen des Chips im Bereich von typisch $+/ - 10 \mu\text{m}$ zu ermöglichen. Damit wird aufgrund der Oberflächenspannung der geschmolzenen Lotschicht eine Selbstzentrierung der beiden spiegelbildlich zu- 5 einander strukturierten Kontaktflächen erreicht.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Verlöten von Kontakten auf vertikal integrierten Halbleiterchips, bei der

5 eine Spannvorrichtung (1),
eine Spülvorrichtung (5),
eine Chiphalterung (13) und
eine Heizung vorhanden sind,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

10 - die Spannvorrichtung (1) dafür vorgesehen ist, einen Wafer (2) mit Bauelementen aufzunehmen und zu transportieren,
- die Spülvorrichtung (5) eine Platte (6) mit einem Fenster (7), einem Gaskanal (8) und einer bei dem Fenster angeordneten Gasauslassöffnung (14) aufweist, wobei diese Platte
15 parallel zu einer für den Wafer vorgesehenen Transportfläche der Spannvorrichtung (1) ausgerichtet ist und in dieser Lage über der Spannvorrichtung (1) gehalten wird,
- die Chiphalterung (13) über der Spannvorrichtung (1) über dem Fenster (7) angeordnet ist, so dass ein Chip (4) auf einer der Spannvorrichtung (1) zugewandten Seite der Chiphalterung über einem Wafer (2) gehalten werden kann und mittels einer bezüglich des Wafers vertikalen Bewegung der Chiphalterung dem Wafer beliebig dicht angenähert werden kann, und
20 - die Heizung so ausgestaltet ist, dass ein an der Chiphalterung (13) gehaltener Chip (4) von einer der Chiphalterung zugewandten Seite des Chips her zumindest so stark erwärmt werden kann, dass ein auf einer gegenüberliegenden Seite des Chips aufgebrachtes Lot geschmolzen wird.

30

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der

die Gasauslassöffnung (14) rings um das Fenster (7) vorhanden ist.

35

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der

ein von dem Fenster (7) abgewandter Rand der Platte (6) mit einem weiteren Gaskanal (11) und einer weiteren Gasauslass-

öffnung (15) versehen ist, die in einer Richtung innerhalb einer flächigen Ausdehnung der Platte von der Platte weg weist.

5 4. Vorrichtung nach einem Ansprüche 1 bis 3, bei der die Heizung eine Wärmestrahlungsquelle (12, 26) umfasst, die so angeordnet ist, dass eine davon ausgesandte Wärmestrahlung durch die Chiphalterung (13) auf den Chip (21) gelenkt wird.

10 5. Vorrichtung nach Anspruch 4, bei der in der Chiphalterung (13) ein für Infrarotstrahlung durchlässiger Körper (23) angebracht ist, mit dem ein Anpressdruck auf den Chip (21) übertragen wird.

15 6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der die Heizung eine Induktionsspule mit elektrischen Anschlüssen umfasst und diese Induktionsspule in der Chiphalterung (13) angebracht ist.

20 7. Vorrichtung nach Anspruch 6, bei der in der Chiphalterung (13) ein elektrisch leitender Körper angebracht und so angeordnet ist, dass er durch eine Induktion von Wirbelströmen mittels der Induktionsspule erwärmt werden kann.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6, bei der die Induktionsspule so angeordnet ist, dass mittels der Induktionsspule in dem auf einem an der Chiphalterung (13) gehaltenen Chip (21) aufgebrachten Lot Wirbelströme induziert werden können, mit denen das Lot geschmolzen wird.

9. Verfahren zum Verlöten von Kontakten auf vertikal integrierten Halbleiterchips, bei dem ein Kontakt eines Chips auf einen Kontakt eines Bauelementes in einem Wafer gelötet wird, indem - auf den Kontakt des Chips ein Lot aufgebracht wird,

10

- die Kontakte mit einem Formiergas gespült werden,
das Lot geschmolzen wird,
die Kontakte aufeinander gepresst werden und
das Lot bis zur Erstarrung abgekühlt wird,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass
das Lot geschmolzen wird, indem der Chip von einer von dem
Kontakt abgewandten Seite her erwärmt wird,
das Lot so aufgebracht wird, dass es in geschmolzenem Zu-
stand auf dem Kontakt eine Schicht einer Dicke von weniger
10 als 5 μm bildet, und
das Lot so abgekühlt wird, dass es eine isotherme Erstar-
rung erfährt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem

15 der Chip unter Verwendung einer Wärmestrahlungsquelle erwärmt
wird.

Zusammenfassung

Vorrichtung zum Verlöten von Kontakten auf Halbleiterchips

5 Ein an einer Chiphalterung (13) über einem Chuck (1) gehal-
ter Chip (4) wird von einer von dem Wafer (2) abgewandten
Seite her mit einer Strahlungsquelle (12) erwärmt, so dass
ein auf einem dem Wafer zugewandten Seite aufgebrachtes Lot
geschmolzen wird. Eine Spülvorrichtung (5) mit einer Platte
10 (6) mit einem Fenster (7), einem Gaskanal (8) und einer bei
dem Fenster angeordneten Gasauslassöffnung (14) für ein For-
miergas ist parallel zu dem Wafer angebracht. Der Chip wird
vertikal zu dem Wafer bewegt, durch das Fenster auf den Wafer
aufgepresst und mittels isothermer Erstarrung aufgelötet.

15

Figur 1

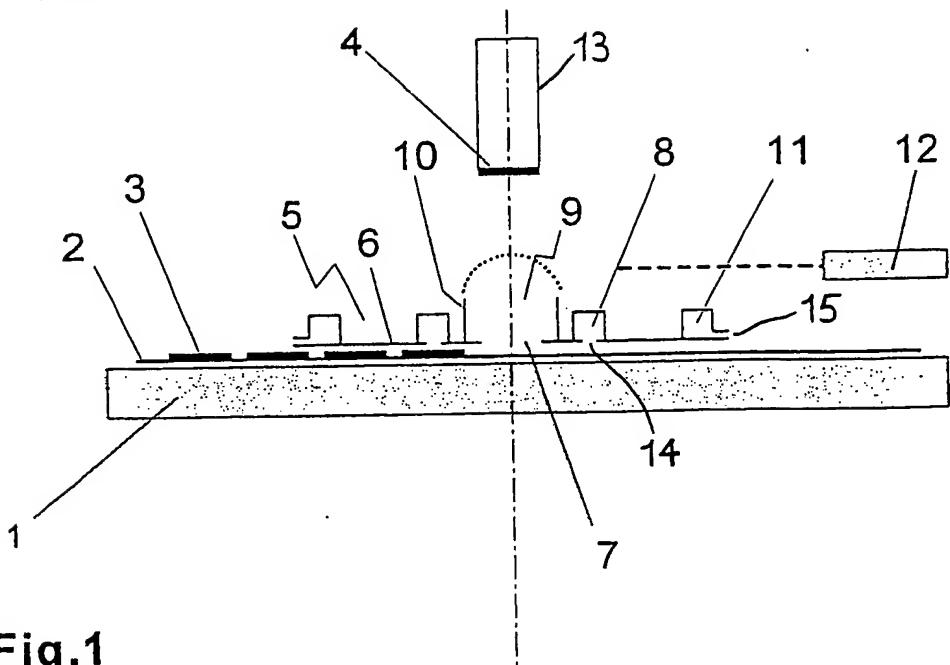


Fig.1

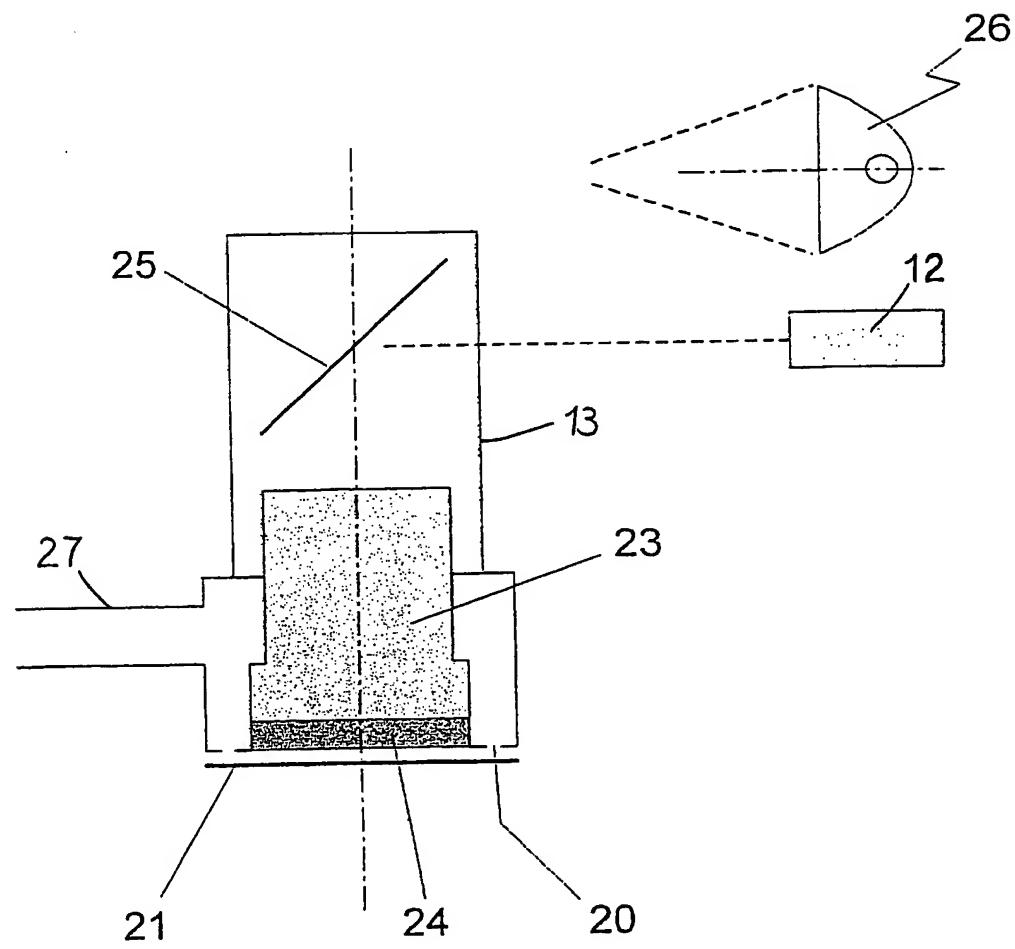


Fig.2

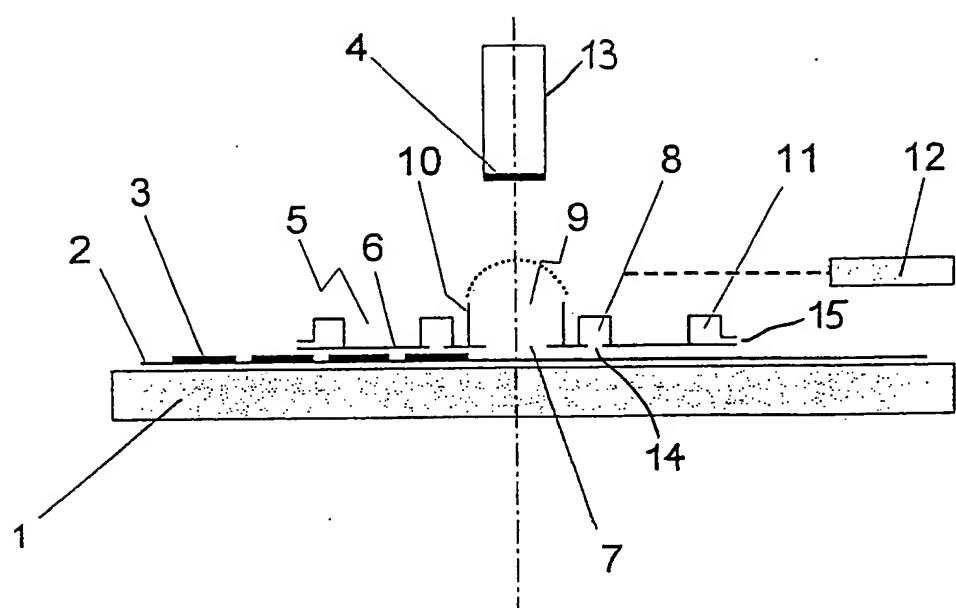


Fig.1